

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000224139 A

(43) Date of publication of application: 11.08.00

(51) Int. Cl **H04J 11/00**
H04B 7/08
H04B 7/26

(21) Application number: 11023660
(22) Date of filing: 01.02.99

(71) Applicant: SONY CORP

(72) Inventor: KURODA SHINICHI

(54) DIVERSITY RECEIVER

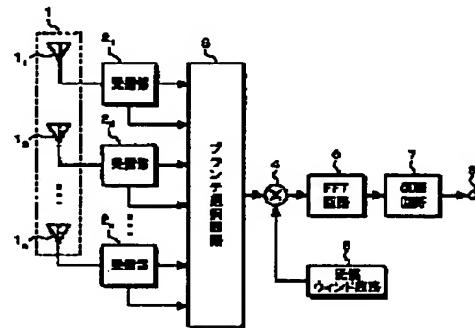
(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the effects of frequency fading from being given to the reception system of an OFDM communication system and also to reduce the circuit scale by controlling a branch selecting means in accordance with the output of a signal information detecting means.

SOLUTION: Signals from other terminals are received by unidirectional antennas 11, ..., 1n whose respective directivities are turned in different directions so as to divide a space into n parts. In respective receiving part 21, ..., 2n, the receiving signals of the antennas are amplified, band limited, AGC-controlled and converted into an intermediate frequency signal. Receiving signal strength information of each receiving part is supplied to a branch selecting circuit 3. The circuit 3 changes over the outputs of the receiving parts based on receiving signal strength information of the whole band of respective branches. That is, the receiving signal strength of the band of the

receiving parts as a whole is determined, and the signal of the branch with the largest receiving signal strength is selected.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-224139

(P2000-224139A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.
H 04 J 11/00
H 04 B 7/08
7/26

識別記号

F I
H 04 J 11/00
H 04 B 7/08
7/26

テーマコード (参考)
Z 5K022
A 5K059
C 5K067

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-23660

(22) 出願日 平成11年2月1日 (1999.2.1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 黒田 健一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー
株式会社内

(74) 代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

Fターム (参考) 5K022 DD01 DD32

5K059 DD02 DD05 DD25 EED02

5K067 AA02 BB21 CC01 CC24 EED02

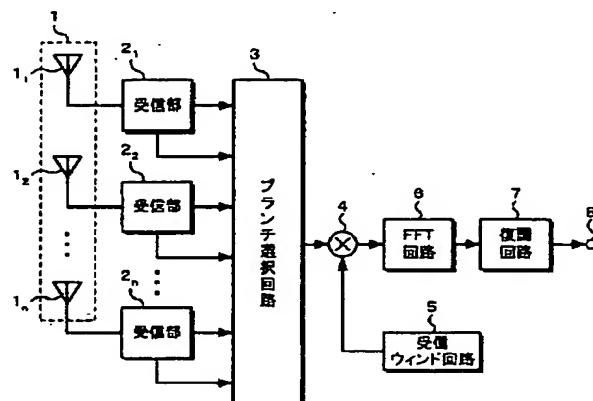
EE10 GG11 KK02 KK03

(54) 【発明の名称】 ダイバーシチ受信装置

(57) 【要約】

【課題】 OFDM通信方式の受信系に対して回路規模を極力抑えて多ブランチ選択合成方式を採用し、伝送歪みを抑制すると共に、送信電力の節約を図れるようにする。

【解決手段】 指向性が空間領域を分割するように互いに異なる方向に向けられて配置された少なくとも3つ以上の単一指向性アンテナ $1_1, 1_2, \dots, 1_n$ を設ける。単一指向性アンテナ $1_1, 1_2, \dots, 1_n$ を用いることにより到來素波を分離し、フェージングディップそのものを小さくする。このことにより従来必要とされていたサブバンド毎の受信信号強度情報の検出手段を設ける必要を無くし、回路規模を縮小すると共に、コストダウンを図る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一次変調され更に二次変調されたデータを受信するダイバーシチ受信装置において、互いに異なる方向に向けられて配置された複数の単一指向性アンテナと、上記複数の単一指向性アンテナの各々の受信信号の帯域全体の信号情報を検出する信号情報検出手段と、上記複数の単一指向性アンテナで受信された各プランチの受信信号を選択するプランチ選択手段と、上記プランチ選択手段で選択された上記受信信号に対して二次変調の復調を行なう二次変調の復調手段と、上記第二次変調の復調手段の出力信号に対して一次変調の復調を行なう一次変調の復調手段とを備え、上記信号情報検出手段の出力に応じて上記プランチ選択手段を制御するようにしたダイバーシチ受信装置。

【請求項2】 上記信号情報検出手段は、受信信号の帯域全体の信号強度を検出するものである請求項1に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項3】 上記信号情報検出手段は、受信信号の品質を検出するものである請求項1に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項4】 上記信号情報検出手段は、受信信号のエラーレートを検出するものである請求項3に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項5】 上記第二次変調は、直交周波数多重方式である請求項1に記載のダイバーシチ受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、高速無線LAN (Local Area Network) 等の通信システムに用いて好適なダイバーシチ受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年では、オフィス内等で、コンピュータ等の情報処理機器を有線で互いに接続し効率的に運用するLANが盛んである。また、現在に至っては、無線で同等の機能を果たす無線LANの技術も発達し、実用化されている。この無線LANの情報の伝送速度は、数Mbps程度であるが、将来的に動画像等のマルチメディアデータをリアルタイムに伝送するため、数十Mbps以上の高速化の検討が盛んに行われている。

【0003】 情報の伝送速度を高速化あるいは広帯域化する場合において最も大きな問題の一つは、多重波伝送路における伝送歪みの影響である。所謂、マルチパス波が生じる環境では、フェージングが発生し、通信品質を劣化させるのは、周知の事実である。特に高速伝送の場合では、単に伝送歪みの影響だけでなく、フェージングの周波数変動性や符号間干渉が大きな問題となる。高速化するに伴って、受信系の内部雑音よりこれら伝送歪みの方が支配的な雑音要素となり、どんなに送信電力を高めても、通信品質が改善されないといった事態に陥る

可能性がある。このため、高速無線伝送システムにおいては、伝搬歪み等に対する何らかの対策がなされている。

【0004】 例えば、上述した高速伝送における伝送歪み等の対策の一つとしてOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式を用いることが提案されている。このOFDM通信方式は、信号を幾つかのサブキャリアに分割して周波数軸上でパラレルに伝送するマルチキャリア通信方式の一つであり、特に、直交関数系を用いてキャリア間隔を最小にし、所要帯域幅をシングルキャリア程度にすることが可能とされている。

【0005】 なお、通常、OFDM方式における時間軸から周波数軸への変換・逆変換には、FFT (Fast Fourier Transform) が用いられ、各サブキャリア毎に変復調器を持つ必要がない。また、時間軸から周波数軸への変換・逆変換にFFTを用いることによって受信した高周波信号を中間周波信号に変換する受信部においては、全キャリアを一括して一つの信号波として扱うことが可能とされる。

【0006】 また、OFDM通信方式を用いる場合には、シンボル周期がサブキャリアの数倍に伸長されるため、符号間干渉の影響を劇的に下げることができるが、周波数選択性フェージングに対しては、全キャリアを一括して扱っている限り、この影響を回避することができない。

【0007】 例えば、図5Aにシングルキャリアの場合における周波数選択性フェージングの影響を示し、図5Bに図5Aの信号に対してOFDM化して得られるマルチキャリアの場合における周波数選択性フェージングの影響を示す。なお、図5Aおよび図5Bにおける横軸が周波数を示し、縦軸が信号レベルを示す。

【0008】 図5Bに示すように、分割されたキャリア単位内においては、帯域内の相関が高くても、全帯域でみれば、図5Aの場合と同様に、各キャリア間でのレベルの相関が低く、周波数選択性フェージングの影響から逃れられない。このように周波数選択性フェージングの影響は、OFDM通信方式における最大の問題である。

【0009】 上述したOFDM通信方式における問題に対応するため、サブバンド分割型空間ダイバーシチ方式が提案されている（参照文献：電子情報通信学会論文誌、Vol.J80-B-2 No.6 pp.466-474 1997年6月）。このサブバンド分割型空間ダイバーシチ方式は、帯域全体を幾つかのサブバンドに分割し、それぞれのバンド毎にダイバーシチ合成処理を行い、周波数軸上あるいは時間軸上におけるフェージングによるディップを除去するよう構成されている。

【0010】 例えば、アンテナおよび受信系を3チャンネル有し、帯域全体を5つに分割するそれぞれのサブバンドの内で、その出力レベルの高い部分を選択して合成する処理を図6A、図6B、図6Cおよび図6Dを用い

て説明する。

【0011】図6Aは、第1のアンテナおよび受信系によって形成されるサブバンドa1～a5の帯域特性を示し、図6Bは、第2のアンテナおよび受信系によって形成されるサブバンドb1～b5の帯域特性を示し、図6Cは、第3のアンテナおよび受信系によって形成されるサブバンドc1～c5の帯域特性を示す。

【0012】このような特性を有する各出力に対してダイバーシチ合成処理を行った場合には、各チャンネルの各サブバンドの内で出力レベルの高い部分が選択され、図6Dに示すように、第3のアンテナおよび受信系によって形成されたサブバンドc1, c3と、第2のアンテナおよび受信系によって形成されたサブバンドb2, b4と、第1のアンテナおよび受信系によって形成されたサブバンドa5とからなるディップ部分が除去された合成出力が形成される。

【0013】ところで、一般に高速伝送では、時間当たりの情報量が多いため、比較的大きな送信電力が必要とされる傾向にある。例えば、低速伝送の場合と同等の通信品質・通信エリアを得ようすると、基本的には情報量が倍増した分だけ伝送電力を倍増させなければならぬ。

【0014】しかし、現実的には、消費電力やパワーアンプモジュールの限界もあり、大体の場合到達限界距離（通信可能エリア）が犠牲になる場合が殆どである。そこで、そのような問題を解決する一つの方法として、独立したアンテナおよび受信系を多數化してフェージングマージンを稼ぐことがなされる。

【0015】例えば、独立したアンテナおよび受信系の数を2から4に拡大した場合では、瞬断率0.1%時の所要フェージングマージンは、15dBから7dBに減少し、この効果は、送信電力を8dBアップしたのと同様の効果がある。このようにアンテナおよび受信系を多數化することでの特性的な利点がある反面、構造的には、多數化することにより装置規模が増大してコストアップとなる問題が伴う。このため、アンテナおよび受信系を多數化する場合には、最も単純な選択合成方式を採用することが適切であると考えられる。

【0016】図7は、上述した従来のサブバンド分割型空間ダイバーシチを採用したOFDM通信方式のダイバーシチ受信装置の一例を示すものである。

【0017】図7において、アンテナ群101は、n個のアンテナ1011, 1012, … 101nにより構成される。これらのアンテナ1011, 1012, … 101nは例えばホイップアンテナやヘリカルアンテナ等の無指向性のアンテナとされており、互いに空間的に離れた所に配置されている。

【0018】アンテナ1011, 1012, … 101nで、相手側の端末からの信号が受信される。なお、この信号は、データをQPSK (Quadrature Phase Shift

Keying) やQAM (Quadrature Amplitude Modulation)で一次変調し、更に、OFDM方式で二次変調したものである。

【0019】アンテナ1011, 1012, … 101nの出力が受信部1021, 1022, … 102nのそれぞれに供給される。受信部1021, 1022, … 102nは、それぞれ、高周波增幅回路、周波数変換回路、AGC (Automatic Gain Control)回路等を有する。

【0020】受信部1021, 1022, … 102nのそれぞれにおいて、各アンテナ1011, 1012, … 101nの受信信号が増幅され、帯域制限され、中間周波信号に変換され、AGC制御される。また、受信部1021, 1022, … 102nのAGC回路の制御信号から各受信部1021, 1022, … 102nの受信信号強度が検出される。この各受信部1021, 1022, … 102nの受信信号強度が乗算器1071, 1072, … 107nに供給される。

【0021】受信部1021, 1022, … 102nの出力が乗算器1031, 1032, 1033 … 103nにそれぞれ供給される。乗算器1031, 1032, … 103nのそれぞれには、受信ウインド回路1041, 1042, … 104nのそれぞれからウインド信号が供給される。乗算器1031, 1032, … 103nのそれぞれにおいて、有効シンボル周期での時間制限が設けられ、所定部分が切り出される。

【0022】乗算器1031, 1032, … 103nの出力がFFT回路1051, 1052, … 105nのそれぞれに供給される。FFT回路1051, 1052, … 105nのそれぞれにおいて、周波数軸上のパラレル信号が時間軸上のシリアル信号に変換され、OFDMの復調処理が行なわれる。このFFT回路1051, 1052, … 105nのそれぞれの出力がブランチ選択回路108に供給される。

【0023】また、FFT回路1051, 1052, … 105nの出力が受信電力検出器1061, 1062, … 106nにそれぞれ供給される。受信電力検出器1061, 1062, … 106nにより、サブバンドに分割された各ブランチの受信信号強度がサブバンド毎に検出される。受信電力検出器1061, 1062, … 106nの出力が乗算器1071, 1072, … 107nに供給される。乗算器1071, 1072, … 107nの出力がブランチ選択回路108に供給される。

【0024】ブランチ選択回路108は、サブバンド毎に各ブランチの信号強度を比較し、最もレベルの高いブランチの信号を選択する。すなわち、受信部1021, 1022, … 102nの各AGC回路において、それ

そのプランチの受信信号の帯域全体の信号強度が検出される。また、受信電力検出器106₁、106₂、…106_nにより各プランチのサブバンド毎の受信信号強度が検出される。プランチ選択回路108は、これらに基づいて各プランチの切り替えを行なう。

【0025】プランチ選択回路108の出力が復調回路109に供給される。復調回路109により、QPSKやQAM方式等の一次変調の復調処理が行なわれる。復調回路109の復調出力が出力端子110を介して取り出される。

【0026】なお、各サブバンド毎の強度情報の検出方法としては、非常に高いQを持つフィルタを使用して各サブバンド毎の強度情報を直接検出する方法も考えられるがフィルタのQの限界等により現実的でなく、また、フェージング周期よりも短い時間内で時分割検出する方法も考えられるがOFDMシンボルの周期が元々長いことや、FFTの演算に時間が必要とされるため、この場合においても現実的でなく、上述した方法が強度情報の検出に用いられる。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したサブバンド分割型空間ダイバーシチを採用したOFDM通信方式の受信系に対して選択合成方式を適用した従来のダイバーシチ受信装置においては、各プランチでサブバンド毎の受信強度を検出して、プランチの切り替えを行なっている。このため、各プランチには、サブバンド毎の信号強度を検出するための回路を設ける必要がある。すなわち、上述の例では、サブバンド毎の強度を検出するために、各プランチに、FFT回路105₁、105₂、…105_nと受信電力検出器106₁、106₂、…106_nを設ける必要がある。これは、装置の小型化およびコストダウンの障害となる。

【0028】従って、この発明の目的は、OFDM通信方式の受信系において周波数フェージングの影響を受けないようにすると共に、回路規模の削減が図れるようにしたダイバーシチ受信装置を提供することにある。

【0029】

【課題を解決するための手段】以上の問題を解決するために、この発明は、一次変調され更に二次変調されたデータを受信するダイバーシチ受信装置において、互いに異なる方向に向けられて配置された複数の単一指向性アンテナと、複数の単一指向性アンテナの各々の受信信号の帯域全体の信号情報を検出する信号情報検出手段と、複数の単一指向性アンテナで受信された各プランチの受信信号を選択するプランチ選択手段と、プランチ選択手段で選択された受信信号に対して二次変調の復調を行なう二次変調の復調手段と、第二次変調の復調手段の出力信号に対して一次変調の復調を行なう一次変調の復調手段とを備え、信号情報検出手段の出力に応じてプランチ選択手段を制御する制御手段とを備えるようにしたダイ

バーシチ受信装置である。

【0030】この発明では、互いに異なる方向に向けられて配置された複数の単一指向性アンテナが設けられる。単一指向性アンテナを用いることにより到来素波が分離され、フェージングディップそのものが小さくなる。このため、従来必要とされていたサブバンド毎の受信信号強度の検出手段を設ける必要がなくなり、回路規模が縮小されると共に、コストダウンが図れる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について図面を参照して説明する。図1は、この発明の一実施形態の全体構成を示すものである。図1において、1はアンテナ群である。アンテナ群1は、n個の単一指向性アンテナ1₁、1₂、…1_nにより構成されており、その単一指向性アンテナ1₁、1₂、…1_nの配置関係は、空間領域をn分割するように、各々の指向性が異なる方向に向けられて配置される。

【0032】一例として4個の単一指向性アンテナを用いる場合の取り付け例を図2に示し、その指向性特性を図3に示す。

【0033】図2に示すように、立方体状の基部10の側部となる4面に単一指向性アンテナ1₁、1₂、1₃、1₄のそれぞれが取り付けられる。単一指向性アンテナとしては、例えば、八木アンテナやクロス八木アンテナ、パラボラアンテナが用いられる。従って、空間領域は、図3に示すように単一指向性アンテナ1₁の指向性（図中実線31で示す）、単一指向性アンテナ1₂の指向性（図中実線32で示す）、単一指向性アンテナ1₃の指向性（図中実線33で示す）、単一指向性アンテナ1₄の指向性（図中実線34で示す）により90°間隔で4分割される。

【0034】なお、各アンテナ1₁、1₂、…1_nの数や配置構成は、上述に限定されるものではない。また、各アンテナ1₁、1₂、…1_nの方向と共に、配置する位置を変えるようにしても良い。

【0035】このように空間領域に対してn分割するように各々の指向性が異なる方向に向けられて配置された単一指向性アンテナ1₁、1₂、…1_nで、他の端末からの信号が受信される。この信号は、データがQPSKやQAMで一次変調され、更に、OFDM方式で二次変調されたものである。単一指向性アンテナ1₁、1₂、…1_nの受信出力が受信部2₁、2₂、…2_nのそれぞれに供給される。

【0036】受信部2₁、2₂、…2_nは、それぞれ、高周波増幅回路、周波数変換回路、AGC回路を備えている。受信部2₁、2₂、…2_nのそれぞれにおいて、各アンテナ1₁、1₂、…1_nの受信信号が増幅され、帯域制限され、AGC制御され、中間周波信号に変換される。この受信部2₁、2₂、…2_nの出力がプランチ選択回路3に供給される。

【0037】また、受信部 $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ の例えればAGC回路により、各ブランチの受信信号の受信帯域全体にわたる受信信号強度情報(RSSI)が得られる。この各受信部 $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ の受信信号強度情報がブランチ選択回路3に供給される。

【0038】ブランチ選択回路3により、各々ブランチの帯域全体の受信信号強度情報に基づいて、受信部 $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ の出力が切り換えられる。すなわち、ブランチ選択回路3により、各受信部 $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ の帯域全体の受信信号強度が判断され、最も受信信号強度の大きいブランチの信号が選択される。

【0039】ブランチ選択回路3の出力が乗算器4に供給される。また、乗算器4には、受信ウインド回路5からのウインド信号が供給される。乗算器4において、有効シンボル周期での時間制限が設けられ、所定部分が切り出される。

【0040】乗算器4の出力がFFT回路6に供給される。FFT回路6において、周波数軸上のパラレル信号が時間軸上のシリアル信号に変換され、OFDMの復調が行なわれる。

【0041】FFT回路6の出力が復調回路7に供給される。復調回路7において、QPSKやQAM方式等の一次変調の復調処理が行なわれる。復調回路7の復調出力が出力端子8を介して取り出される。

【0042】上述したように構成される一実施形態は、单一指向性アンテナ $1_1, 1_2, \dots, 1_n$ を用いた指向性ブランチ構成とすることで、OFDM通信方式の問題点である周波数選択性フェージングを抑制している。この周波数選択性フェージングの抑制に関してさらに詳細に説明する。

【0043】この発明は、アンテナの指向性を狭めれば狭める程、帯域内相関が拡大するという狭角指向性アンテナの帯域内相関拡大の現象(参照文献:電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-B-2 No.6 pp.466-474 1997年6月)に着目してなされたものであり、無指向性アンテナを用いる場合と单一指向性アンテナを用いる場合とでは、相関帯域幅に差が生じる。さらに、この現象について従来の無指向性アンテナで構成する空間ブランチ構成の場合と、本願の单一指向性アンテナで構成する指向性ブランチ構成との場合とを比較しながら説明する。

【0044】従来の無指向性アンテナを用いた空間ブランチ構成の概念図を図4Aに示す。この空間ブランチでは、無指向性なので、到来素波は、どのブランチでも等しく受けることになるが、各アンテナを異なる位置に配置して、その空間的低相関配置とすることによって、フェージングディップを周波数軸上にシフトさせていることになる(図4A下段参照)。このように作用させることは、狭帯域信号の場合においては、フェージング対策として有効であるが、広帯域信号では、余り効果がな

い。このため、各受信出力をFFTしてサブバンドに分割し、ディップの無い帯域を選択する必要が生じる。

【0045】一方、本願の指向性ブランチ構成の概念図を図4Bに示す。指向性ブランチでは、到来素波の分離作用があるため、フェージングディップそのものを小さくする作用がある(図4B下段参照)。指向性ブランチにおけるフェージングディップの消滅作用は、完全でなく実環境上の到来素波の数とブランチ分割数との関係によってその効果が決定され、ブランチ数を増してアンテナ単体の指向性が狭角になる程、その効果を増加させることができるのである。

【0046】従って、单一指向性アンテナを用いた指向性分割ブランチ構成は、サブバンド分割空間ダイバーシチと共に、OFDM通信方式の問題点である周波数選択性フェージングを抑制する方法となる。また、従来のダイバーシチ受信装置のようにサブバンド毎に信号強度情報を得る必要が無く、各ブランチで帯域全体の信号強度を検出すれば良いので、選択合成方式を用いれば各ブランチに必要とされる回路をかなり縮小することができ、多ブランチ化してフェージングマージンを得ても低消費電力/低コスト化を図ることができる。

【0047】なお、上述した一実施形態の説明においては、ブランチ選択する判定基準として受信信号強度情報を用いる場合について説明したが、その代わりに、各ブランチでの受信信号のエラーレート等、受信信号品質情報を選択判定の基準としても良い。この場合には、外来からの干渉雑音波がある場合にその除去効果が付加される。

【0048】また、上述した一実施形態の説明においては、受信部 $2_1, 2_2, \dots, 2_n$ の最後段のAGC回路において受信信号強度情報を形成する場合について説明したが、中間周波信号に変換する前の段階で受信信号強度情報あるいは品質情報を形成するようにし、中間周波信号変換後の回路部分をブランチ選択回路3の次段に設けるようにしてさらに回路を簡略化しても良い。

【0049】

【発明の効果】この発明に依れば、OFDM通信方式の受信系に対して回路規模を極力抑えて多ブランチ選択合成方式を採用し、伝送歪みを抑制すると共に、送信電力の節約を図ることができる。特に、今後、発展が期待される家庭内無線ネットワークシステムに対してこの発明を適用すれば、低消費電力/低コストを兼ね備えたシステムを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態の全体構成を示すブロック図である。

【図2】この発明の一実施形態のアンテナ群の説明に用いる外観図である。

【図3】この発明の一実施形態のアンテナ群の説明に用いる特性図である。

【図4】この発明の一実施形態の説明に用いる概念図である。

【図5】従来のダイバーシチ受信装置の説明に用いる特性図である。

【図6】従来のダイバーシチ受信装置の説明に用いる特性図である。

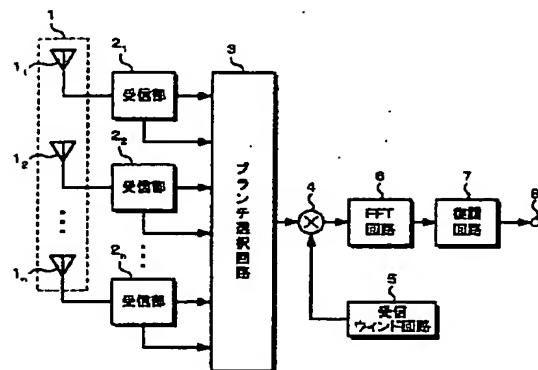
【図7】従来のダイバーシチ受信装置の構成を示すプロ

ック図である。

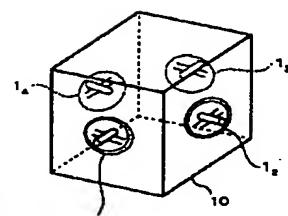
【符号の説明】

1・・・アンテナ群、2・・・受信部群、3・・・ブランチ選択回路、4・・・乗算器、5・・・受信ウインド回路、6・・・FFT回路、7・・・復調回路、8・・・出力端子、1₁、1₂、～1_n・・・単一指向性アンテナ

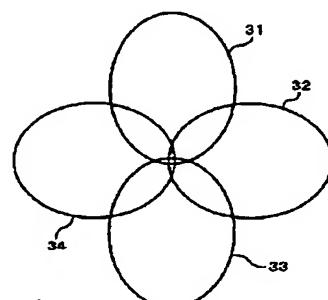
【図1】



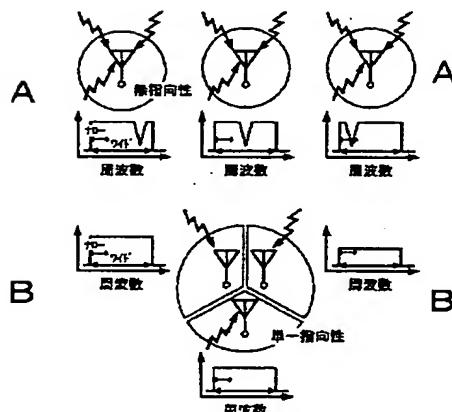
【図2】



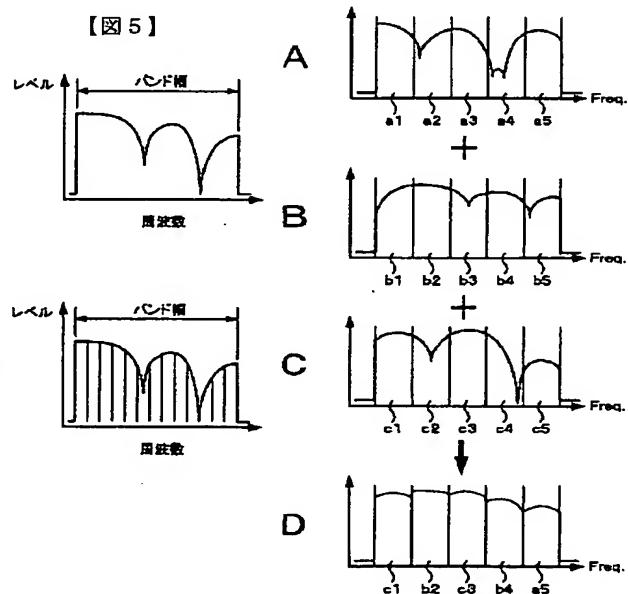
【図3】



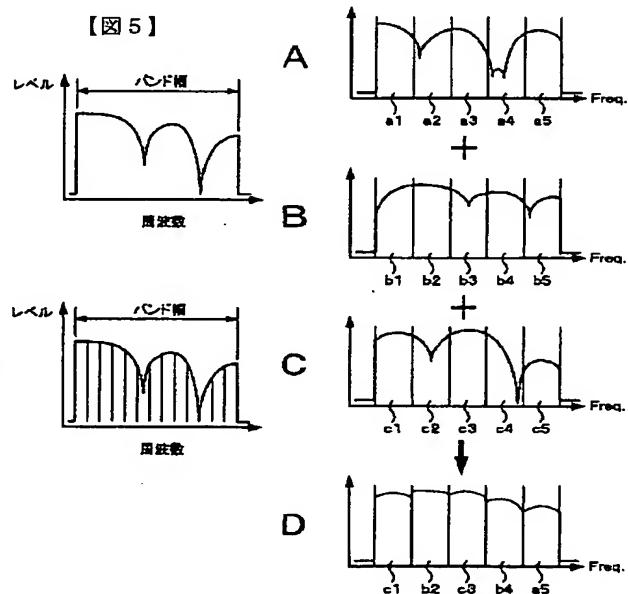
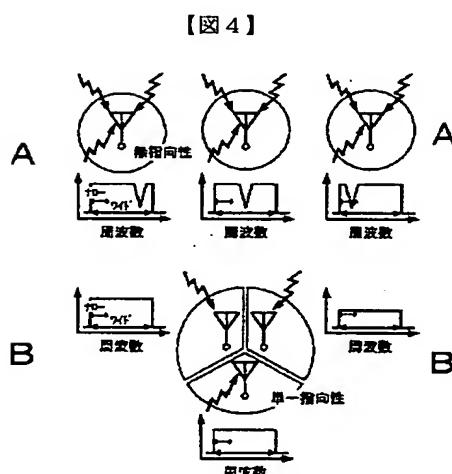
【図4】



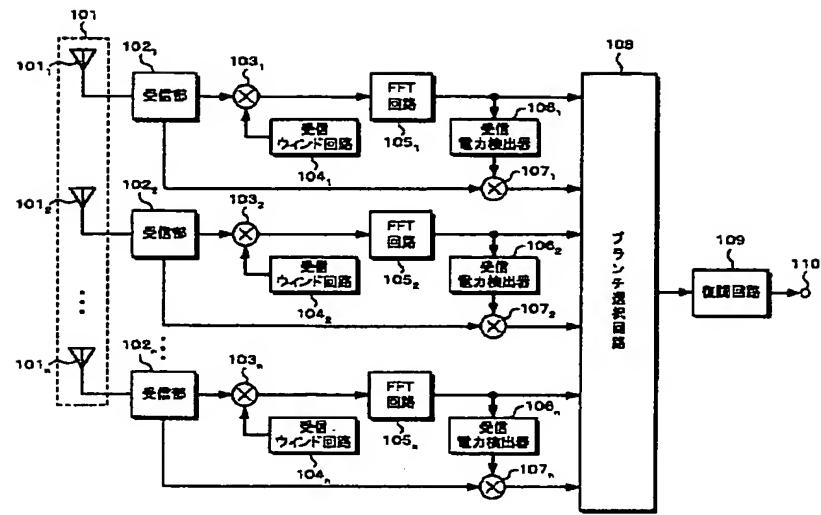
【図5】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.